Not to be cited without the permission of the authors[1]

Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee

CAFSAC Research Document 87/8

Ne pas citer sans autorisation des auteurs[1]

Comité scientifique consultatif des pêches canadiennes dans l'Atlantique

CSCPCA Document de recherche 87/8

Détermination d'un niveau de récolte admissible de Laminaires Laminaria longicruris dans la Baie des Chaleurs, Québec.

par

Louise Gendron

Ministère des Pêches et des Océans
Division de la Recherche sur les Pêches
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000
850, Route de la Mer
Mont-Joli, Québec, G5H 3Z4

[1] This series documents the scientific basis for fisheries management advice in Atlantic Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the Research Documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Research Documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat by the author.

[1] Cette série documente les bases scientifiques des conseils de gestion des pêches sur la côte atlantique du Canada. Comme telle,elle couvre les problèmes actuels selon les échéanciers voulus et les Documents de recherche qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés finals sur les sujets traités mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Les Documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée par les auteurs dans le manuscrit envoyé au secrétariat.

RESUME

Un modèle de calcul du rendement par recrue a été appliqué au stock de Laminaires (Laminaria longicruris) de la Baie des Chaleurs, Québec. Le calcul s'est effectué de façon à simuler différentes hauteurs de coupe à savoir, 0, 50, 100 et 150cm. Les données de croissance et de mortalité naturelle utilisées dans le calcul ont été tirées de l'analyse de la structure de taille de la population. Les 4 classes modales retrouvées ont été interprétées comme représentant 4 classes d'âge.

L'analyse des rendements obtenus a montré que la récolte d'individus dont la taille du stipe est inférieure à 1m pourrait entrainer une surexploitation au niveau de la croissance. Cependant, en exploitant la strate constituée d'individus dont la taille du stipe est supérieure à 1m, à un niveau correspondant à F_{max} ou $F_{0,1}$, un rendement par recrue de 125g ou 115g pourrait être obtenu.

En postulant un recrutement annuel constant de 144 millions d'individus pour l'ensemble du banc, une récolte de 8 000t pourrait être envisagée par une coupe effectuée à 1m du fond. Ce niveau de récolte serait obtenu par un taux d'exploitation correspondant à F=0,7, ce qui permettrait par l'adoption d'une stratégie spatiale d'exploitation, de maintenir le potentiel reproducteur de l'espèce et d'éviter une surexploitation au niveau du recrutement. Ce niveau de récolte tient compte du fait que par une coupe effectuée à 1m du fond, 15% de la biomasse est laissée sur le fond (biomasse constituée de la portion de stipe égale à 1m) et du fait qu'aucune exploitation ne serait faite sur un territoire où 15% de la biomasse est retrouvée.

Des recommandations sont faites sur l'établissement d'un niveau de récolte annuelle à 8 000t et sur l'adoption d'une stratégie spatiale d'exploitation permettant le maintien d'une zone tampon constituée de plants matures, adjacente (distance maximale de 0,5km) et de superficie équivalente à la zone exploitée.

ABSTRACT

A model for calculating the yield per recruit was applied to a stock of laminaria (Laminaria longicruris) in Chaleur Bay, Quebec. The calculation was done in such a way as to simulate various heights of cut, i.e. 0, 50, 100 and 150 cm. The data on growth and natural mortality used in the calculation were drawn from analysis of the population size structure. The four modal classes found were interpreted as representing four year-classes.

Analysis of the yields obtained showed that harvesting of individuals with a stipe size less than 1 m might lead to overexploitation at the level of growth. However, by exploiting the stratum made up of individuals whose stipe size is greater than 1 m, at a level corresponding to F_{max} or $F_{0.1}$, a yield per recruit of 125 g or 115 g could be obtained.

Postulating a constant annual recruitment of 144 million individuals for the bank as a whole, a harvest of 8000 t could be anticipated from a cut at 1 m from the bottom. This level of harvest would be obtained by a rate of exploitation corresponding to F = 0.7, which would make it possible, through adoption of a spatial exploitation strategy, to maintain the reproductive potential of the species and to avoid overexploitation at the level of recruitment. This level of harvest takes into account the fact that if the cut is made at 1 m from the bottom, 15% of the biomass is left on the bottom (biomass made up of the portion of stipe equal to 1 m) and the fact that no exploitation would be carried out on a territory in which 15% of the biomass is found.

Recommendations are made for establishing a level of annual harvest of 8000 t and for adoption of a spatial exploitation strategy permitting maintenance of a buffer zone made up of mature young plants, adjacent (maximum distance of 0.5 km) and equivalent in area to the zone being exploited.

INTRODUCTION

Le récent intérêt manifesté pour l'exploitation de l'algue Laminaria longicruris le long des côtes québécoises, amena le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) à entreprendre des travaux de recherche visant à évaluer le potentiel biologique d'une telle exploitation. De 1980 à 1983, des efforts de recherche ont porté sur la localisation et l'évaluation de la ressource ainsi que sur la dynamique des populations composant le stock.

Ces travaux ont permis entre autres de délimiter les secteurs les plus intéressants en vue d'une éventuelle exploitation. Ainsi, dans le secteur de la Baie des Chaleurs compris entre les Caps Noirs et la Pointe Sawyer, située à 1,8 km à l'est de la Pointe Bonaventure (figure 1), la biomasse de Laminaires a été évaluée à quelque 25 000t (Gendron 1983). De part et d'autre de cette zone, il est à noter que les concentrations de Laminaires sont faibles et dispersées (Gendron, données non publiées). L'analyse préliminaire des composantes de cette ressource amena le MAPAQ en 1983, et par la suite le Ministère des Pêches et des Océans (MPO), à autoriser pour la première année d'exploitation, une récolte expérimentale de 3 200t. La détermination de ce niveau de récolte fut basée principalement sur les caractéristiques géographiques et bathymétriques de la ressource, sur un certain nombre de facteurs biotiques du milieu incluant le broutage par l'oursin vert Strongylocentrotus droebachiensis ainsi que sur des considérations techniques liées à l'engin de récolte.

Il ne semble pas que le niveau de récolte autorisé ait été suffisant économiquement puisque jusqu'à ce jour, aucune récolte n'a encore été effectuée. Par ailleurs, une nouvelle demande pour augmenter le niveau de récolte annuelle admissible à 15 000t vient tout juste d'être acheminée au MPO.

Afin de déterminer dans quelle mesure il est possible d'accéder à une telle requête, une analyse du rendement pouvant être obtenu selon différentes stratégies de récolte a été effectuée. Cette analyse a été réalisée en appliquant un modèle de calcul du rendement par recrue. L'application de la stratégie jugée optimale selon le modèle, ainsi que d'autres stratégies éventuellement envisageables, a par la suite été simulée pour l'ensemble du banc, de façon à prédire les récoltes susceptibles d'être obtenues dans des conditions de recrutement constant. Un nouveau niveau de récolte admissible a finalement été calculé sur la base de ces résultats tout en tenant compte de certaines particularités liées à ce type de ressource et au type d'engin utilisé pour la récolte.

105-04720/

MATERIEL ET METHODES

Les données utilisées pour le calcul du rendement par recrue (poids moyen à l'âge et mortalité naturelle) et pour la projection des récoltes (recrutement annuel) proviennent des travaux de recherche réalisés par le MAPAQ entre 1980 et 1983.

Détermination de la structure d'âge de la population et estimation du poids moyen à l'âge et de la mortalité naturelle.

La structure d'âge de la population a été déterminée à partir de l'analyse de sa structure de taille, en postulant que les différents modes observés dans la distribution de fréquence de la taille des stipes correspondent à différentes classes d'âge, et en postulant un recrutement constant d'une année à l'autre. Des observations effectuées sur la biomasse et sur la structure démographique de la population au cours d'années successives n'ont montré aucune différence notable d'année en année (Gendron, données non publiées), ce qui a amené à poser ce dernier postulat.

L'analyse des classes modales de la distribution de fréquence de la taille des stipes a été faite selon la méthode décrite par MacDonald et Pitcher (1979) . Cette méthode, basée sur l'utilisation du X^2, a permis de déterminer la moyenne, l'écart-type et l'abondance relative de chaque composante modale. L'analyse s'est effectuée sur la distribution de fréquence de la taille des stipes définie à partir de données récoltées en septembre et octobre 1980 dans la région de St-Siméon de Bonaventure entre 4 et 10m de profondeur, au cours d'un inventaire de la ressource algale (cf. radiales 12 à 16 , Gendron 1983) (Figure 1). Nous n'avons pas inclus la taille des frondes en raison des processus d'érosion affectant ces dernières et qui ont pour effet de masquer la relation existant entre la taille et l'âge des plants. En ce sens, la longueur du stipe demeure un meilleur indice de l'âge des individus.

Les longueurs de stipes obtenues dans la caractérisation des classes modales ont ensuite été converties en poids moyen à l'âge, au moyen des équations apparaissant au tableau 1. La relation entre la longueur et le poids du stipe a été calculée à partir de l'ensemble des observations menées entre 4 et 8m de profondeur au cours de l'inventaire réalisé en 1980-1981 (Gendron 1983). La relation entre la longueur du stipe et la longueur de la fronde, de même que celle définie entre la longueur et le poids des frondes proviennent d'observations menées au cours de l'été, de façon à éliminer l'effet de l'érosion des frondes, observé principalement à l'automne (Gendron, 1985a).

Le taux instantané de mortalité naturelle de chacune des

classes d'âge a été estimé à partir des données sur la proportion d'individus de chaque classe d'âge, obtenues de l'analyse des classes modales de la distribution de fréquence de la taille des stipes.

Calcul du rendement par recrue.

Le calcul du rendement par recrue, selon le modèle de Thompson et Bell (Ricker, 1980) a été effectué à partir du programme YIELD de Rivard (1982). Cependant, afin de représenter la situation caractérisée par une récolte s'effectuant avant que la mortalité naturelle n'agisse sur la population, la capture (C) a été calculée de la façon suivante :

$$C = Ni\ (\ 1-e^{-Fi}\ )$$

où, Ni = nombre d'individus dans la classe d'âge i.
Fi = taux de mortalité par la pêche assigné à la classe d'âge i.

Par ailleurs, les taux de mortalité par la pêche appliqués dans les calculs à chacune des classes d'âge ont été pondérés par un vecteur de recrutement partiel assigné à chaque classe d'âge, défini de façon à simuler des récoltes effectuées à partir de différentes hauteurs de coupe . Les valeurs de recrutement partiel ont été déterminées selon la fonction de probabilité de la loi normale, en postulant que la distribution de tailles à l'intérieur de chaque classe d'âge suivait une loi normale.

Estimation du recrutement.

Le niveau de recrutement annuel a été défini pour l'ensemble du banc à partir de données sur la densité moyenne des individus, sur la superficie totale du banc de Laminaires (Gendron, 1983), ainsi que sur la proportion de recrues déterminée par l'analyse des classes modales.

Projection des récoltes.

Une simulation des récoltes pouvant être obtenues pour l'ensemble du banc, dans des conditions de recrutement constant et sous différents régimes d'exploitation a été réalisée en utilisant le programme MPROJECT de Rivard (1982). De la même façon que précédemment, le calcul des captures a été modifié de manière à simuler la situation où la récolte s'effectue avant que la mortalité naturelle n'agisse sur la population.

RESULTATS ET DISCUSSION

Analyse des classes modales.

La distribution de fréquence de la taille des stipes de 564 plants, observée et calculée selon la méthode de MacDonald et Pitcher (1979), apparait à la figure 2. Quatre classes modales ont été identifiées et les caractéristiques de chacune d'elles apparaissent au tableau 2.

Le premier mode correspond au recrutement annuel et est constitué de jeunes sporophytes vraisemblablement issus de la reproduction de l'automne précédent. Les modes suivants peuvent être interprétés comme représentant assez clairement des classes d'âge successives du fait que la distance les séparant corresponde assez bien aux accroissements annuels observés lors de mesures directes (tableau 2).

Le taux de mortalité naturelle de 4,6 assigné à la classe d'âge de 3^+ (tableau 2) est basé sur le fait que l'on retrouve dans le milieu des individus de très grande taille, susceptibles d'être âgés d'au moins 4 ans et ce, dans une proportion approximative de 1:100 relativement à la classe d'âge précédente (Gendron, données non publiées). La mortalité naturelle augmente avec la taille des plants et la probabilité de retrouver des plants âgés de plus de trois ans,bien que non nulle, est néanmoins très faible. Ces résultats diffèrent notamment de ceux obtenus par Chapman (1984) où une mortalité naturelle constante voisine de 1,0 a été observée indépendamment de l'âge des individus. Ce résultat serait spécifique à la population étudiée et ne pourrait en conséquence être considéré comme représentatif de la situation décrite dans le cas présent (Chapman, communication personnelle).

Calcul du rendement par recrue.

Les données présentées au tableau 2 ont servi de base pour le calcul du rendement par recrue. Les recrutements partiels assignés aux 4 classes d'âge en vue de représenter les différentes stratégies de coupe apparaissent au tableau 3. Les résultats de l'analyse du rendement par recrue sont présentés à la figure 3. Les rendements sont illustrés pour une série de valeurs de taux de mortalité par la pêche variant de 0,1 à 3,5 ainsi que pour les 4 hauteurs de coupe (0, 50, 100 et 150cm). Les rendements obtenus à des taux d'exploitation correspondant à F_{max} et $F_{0,1}$ sont présentés au tableau 4. L'analyse des rendements obtenus montre que la récolte d'individus dont la taille du stipe est inférieure à 1m n'est pas souhaitable. En effet, les rendements obtenus par une

coupe effectuée à 50cm ne représentent que 65% de ceux obtenus par une coupe à 1m. En coupant à cette hauteur, la récolte ne serait pas rentable et entrainerait vraisemblablement une surexploitation du point de vue de la croissance ("growth overfishing"). Les rendements obtenus par une récolte annuelle de tous les individus dont la taille du stipe est supérieure à 1m apparait plus avantageuse. Dans ce cas particulier, on obtient un rendement par recrue de 125g ou de 115g, selon que l'on exploite à F_{max} ou $F_{0,1}$ respectivement . L'augmentation de la hauteur de coupe à 150cm résulte en un rendement supérieur de quelque 12% par rapport à une coupe à 1m.

Les taux d'exploitation devant être appliqués pour atteindre de tels rendements sont toutefois très élevés (voisins de 100%), vraisemblablement non atteignables, même dans les meilleures conditions.

Prédiction des récoltes pour l'ensemble du banc.

Le niveau de recrutement annuel a été établi à 144 millions d'individus et la population initiale à 290 millions d'individus. Ceci simule la situation de l'ensemble du banc de Laminaires, lequel s'étend sur une longueur de côte de 34,75km sur une largeur moyenne de 843m, pour une superficie totale de 29 294 250 m^2 (Gendron, 1983). La densité moyenne de Laminaires à l'intérieur de ce banc a été éstimée à 9,9 individus/m^2 (Gendron 1983), et l'analyse des classes modales de la population laisse voir que les recrues sont présentes dans une proportion de 0,498.

Un total de 18 stratégies d'exploitation a été examiné où l'on a fait varier la hauteur et la fréquence de coupe ainsi que le taux de mortalité par la pêche (tableau 5). L'application de taux d'exploitation plus bas que ceux correspondant à F_{max} et $F_{0,1}$, ont aussi été appliqués. C'est en quelque sorte par une coupe effectuée à 1m du fond que l'on peut penser obtenir les meilleures récoltes. Selon que l'on exploite cette strate du banc à un taux voisin de 100%, à 85%, 75% ou 50%, on peut espérer une récolte soutenue de quelque 18 000t, 16 500t, 15 000t ou 11 000t respectivement. Une récolte où une coupe à 0cm ne serait effectuée qu'à tous les 2 ou 3 ans , à un taux d'exploitation correspondant à $F_{0,1}$, donnerait des rendements annuels assez faibles (4 579t et 4 799t respectivement).

Détermination d'un niveau de récolte admissible.

En ne tenant compte que des résultats obtenus de l'analyse du rendement par recrue, on pourrait établir le niveau de récolte admissible à 18 000t annuellement, ce qui signifierait que tous les individus dont la taille du stipe est supérieure à 1m seraient récoltés. Un tel niveau d'exploitation entrainerait vraisemblable-

ment une surexploitation au niveau du recrutement ("recruitment overfishing") puisque l'ensemble des plants reproducteurs serait récolté. Il est évidemment très difficile, en l'absence d'exploitation, de déterminer localement les effets d'une récolte sur le recrutement. Cependant, les récents travaux de Smith (1986) et de Chapman (1984, 1986) laissent voir que la présence ou l'absence d'un couvert végétal constitué de L. longicruris n'influence pas le recrutement de jeunes laminaires, à l'intérieur de limites spatiales déterminées par le rayon de dispersion des spores, évalué par Chapman (1981) à quelque 600m. En respectant ces limites, on pourrait songer à éviter une surexploitation au niveau du recrutement. En ce sens, la stratégie d'exploitation des bancs de laminaires du sud-ouest de la Nouvelle-Ecosse récemment élaborée par le CSCPCA recommande le maintien d'une zone tampon constituée de plants matures, juxtaposée et équivalente en superficie à la zone exploitée, de façon à protéger le potentiel reproducteur de la population. Une telle mesure de gestion équivaut en quelque sorte à l'application d'un taux d'exploitation de 50%.

En retenant ce niveau d'exploitation ainsi qu'une telle stratégie spatiale dans l'établissement de modalités d'exploitation, et en retenant aussi le niveau de coupe à 1m, on éviterait vraisemblablement la surexploitation et au niveau de la croissance, et au niveau du recrutement, ce qui permettrait dans ce dernier cas, d'assurer au cours des ans, une certaine constance du recrutement. Ainsi selon cette stratégie, une récolte annuelle de 11 966t la première année et une récolte soutenue de 10 714t les années subséquentes pourraient être envisagées.

Cependant, en coupant les algues à une hauteur de 1m, on laisse inévitablement sur le fond une certaine proportion de la biomasse. Cette biomasse, constituée par la portion de stipe égale à 1m représente 15% de la biomasse totale d'algues dont le stipe est plus grand que 1m (Gendron 1984). Ainsi, compte tenu de la biomasse en place dans le secteur en question, une récolte maximale initiale de 10 000t et de 9 000t par la suite annuellement pourraient être envisagées en appliquant la sratégie d'exploitation énoncée plus haut.

Au chapitre de la détermination d'un niveau de récolte, il convient aussi de discuter de l'effet de l'exploitation comme telle sur la biomasse. Jusqu'à présent, l'engin de récolte utilisé au cours de divers essais était un prototype. Il n'a montré qu'une efficacité très réduite, surtout au niveau de la récupération de la biomasse coupée. En effet, tout près de 60% du poids des frondes coupées n'était pas récupéré (Gendron 1984). Bien qu'elle n'apparaitra jamais dans les débarquements, il s'agit d'une biomasse exploitée dont il conviendrait de tenir compte dans l'établissement d'un niveau de récolte à moins qu'un meilleur engin ne soit mis au point. Par exemple, si on autorise une exploitation de 9 000t, et que l'on sait par ailleurs que 35% de cette biomasse

sera effectivement coupée mais laissée sur le fond, il conviendrait alors d'exercer une surveillance sur les débarquements pour que ceux-ci ne dépassent pas 6 000t. Un débarquement de 9 000t signifierait que l'on exploite réellement quelque 14 000t, ce qui correspondrait à un taux d'exploitation voisin de 75% .

Finalement, il va sans dire qu'en raison de la sédentarité de cette espèce, il devient très important de définir une stratégie spatiale d'exploitation de façon à éviter certaines surexploitations locales, tel que mentionné plus haut. Une répartition de la récolte proportionellement à la répartition de la ressource pourrait possiblement être envisagée où des niveaux de récolte maximums pourraient être déterminés pour différents secteurs.On peut dès maintenant prévoir que certaines zones n'offriront aucun intérêt pour l'exploitant telles celles situées à moins de 2m de profondeur et au-delà de 10m où respectivement l'accessibilité et la disponibilité de la ressource sont de beaucoup réduites. Par ailleurs, et ce toujours en raison de la sédentarité de l'espèce, il serait avisé de songer à exclure de la zone d'exploitation, le secteur de Ruisseau-Leblanc, où un fort broutage par l'oursin vert a été noté il y a quelques années (Gendron, données non publiées). Aucune exploitation ne serait alors faite sur un territoire où 15% de la biomasse est retrouvée. Ceci voudrait alors dire une réduction du niveau de récolte admissible de 9 000t à quelque 7 800t, si la récolte est répartie proportionnellement à la répartition de la ressource.

CONCLUSION

Compte tenu des caractéristiques de croissance, de mortalité naturelle et de recrutement de L. longicruris de la Baie des Chaleurs et d'une stratégie de coupe à 1m du fond, il semble raisonnable de songer à établir le niveau de récolte annuelle à 8,000t. De plus, afin de protéger le potentiel reproducteur et assurer le recrutement dans les zones exploitées, l'adoption d'une stratégie spatiale permettant le maintien d'une zone tampon constituée de plants matures, adjacente (distance maximale de 0,5km) et de superficie équivalente à la zone exploitée apparait souhaitable.

Des travaux de recherche supplémentaires devraient cependant être réalisés dans le cas où se développerait l'exploitation de cette ressource. Il serait pertinent d'évaluer entre autres, l'efficacité de récupération des frondes coupées par l'engin de récolte, de façon à ajuster le niveau de récolte en fonction de cette efficacité et éviter ainsi que le stock de Laminaires ne soit exploité à un niveau supérieur à celui souhaité. Par ailleurs, en raison d'un effet possible de l'exploitation sur le régime de croissance et de recrutement de l'espèce, un monitoring de ces caractéristiques aurait avantage à être effectué de façon à recalculer le cas échéant, le rendement par recrue. Finalement, tout le problème de l'impact de l'exploitation des Laminaires sur les autres niveaux trophiques de cet écosystème côtier devrait être examiné.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier M.Lucien Poirier du MAPAQ qui a mis l'ensemble des données sur les Laminaires de la Baie des Chaleurs à sa disposition.

REFERENCES

Chapman, A.R.O. 1981. Stability of sea urchin dominated barren grounds following destructive grazing of kelp in St.Margaret's Bay,eastern Canada. Mar.Biol. 62:307-311.

Chapman, A.R.O. 1984. Reproduction, recruitment and mortality in two species of Laminaria in southwest Nova Scotia. J.Exp.Mar.Biol.Ecol. 78: 99-109.

Chapman, A.R.O. 1986. Age versus stage: an analysis of age-and size-specific mortality and reproduction in a population of Laminaria longicruris Pyl. J.Exp.Mar.Biol.Ecol. 97: 113-122.

Gendron, L. 1983. Inventaire des populations de Laminaires de la Baie des Chaleurs (secteur Caps noirs-Pointe Bonaventure). MAPAQ, Direction de la Recherche. Cahier d'information no. 111.

Gendron, L. 1984. Evaluation du fonctionnement et du rendement d'un prototype de moissonneuse à algues. MAPAQ, Direction de la Recherche. Document de travail 84/4, 15p.

Gendron, L. 1985a. Etude de la croissance de Laminaria longicruris dans la Baie des Chaleurs. MAPAQ, Direction de la Recherche. Cahier d'information no.113.

Gendron, L. 1985b. Conversion of blade length into biomass production estimates in Laminaria longicruris. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 42: 33-37.

MacDonald, P.D.M. et T.J.Pitcher. 1979. Age-groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analysing distribution mixtures. J.Fish.Res.Board Can. 36: 987-1001.

Ricker,W.E. 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. Bull.Fish.Res.Board Can. 191F : 409p.

Rivard, D. 1982. APL programs for stock assessment(revised). Can.Tech.Rep.Fish.Aquat.Sci. 1091: 146p.

Smith, B. 1986. Implications of population dynamics and interspecific competition for harvest management of the seaweed Laminaria. Mar.Ecol.Prog.Ser. 33: 7-18.

Tableau 1. Equations de conversion utilisées pour la transformation des longueurs de stipe en poids moyen à l'âge.

Poids stipe	$= 0.067 \times \text{Longueur stipe}^{1.52}$	$r^2 = 0,93$
Longueur fronde	$= 18.76 + 0,78$ Longueur stipe	$r^2 = 0,54$
Poids fronde	$= 0,038 \times \text{Longueur fronde}^{1.735}$ *	$r^2 = 0,96$

* : tiré de Gendron (1985b).

Tableau 2. Caractéristiques des classes modales.

Classe	1	2	3	4
Age	0	1	2	3+
Longueur moyenne du stipe (cm)	4,75	41,7	163,0	286,3
Ecart-type	5,0	33,0	44,6	16,6
Poids moyen du plant (g)	9,2	54,7	370,7	883,7
Longueur moyenne du stipe (observée)* (cm)	1,0	50,0	186,0	286,0
Proportion d'individus	0,498	0,291	0,193	0,017
Taux instantané de mortalité naturelle (M)	0,54	0,41	2,49	4,6

* : Longueurs à l'âge selon le modèle de croissance de Gompertz calculé sur des données d'accroissement annuel des stipes (Gendron 1985a).

Tableau 3. Valeurs du recrutement partiel assigné à chaque classe d'âge selon la stratégie de coupe.

Hauteur de coupe	Age			
	0	1	2	3^+
0cm	1	1	1	1
50cm	0	0,4	1	1
100cm	0	0,04	0,92	1
150cm	0	0	0,61	1

Tableau 4. Rendements obtenus aux différentes hauteurs de coupe selon F_{max} et $F_{0,1}$.

Hauteur de coupe	F_{max} $F_{0,1}$	Rendement par recrue (g)
0cm	0,47	34
	0,35	33
50cm	1,40	79
	0,96	75
100cm	3,51	125
	1,84	115
150cm	10,0	143
	3,0	125

Tableau 5. Prédiction des récoltes annuelles (t) pouvant être obtenues pour l'ensemble du banc et selon différentes stratégies de coupe (i : initiales ; s : soutenues).

Mortalité par la pêche	Hauteur de coupe (cm)							
	0		50		100		150	
	i	s	i	s	i	s	i	s
$F_{0,1}$	9,043	4,795	16,704	10,814	20,578	16,574	21,182	17,971
F_{max}	11,477	4,968	20,578	11,304	24,365	17,986	24,646	20,622
F-0,7	15,408	4,622	13,565	9,763	11,966	10,714	9,216	8,525
F-1,4	23,054	2,822	20,578	11,304	18,259	15,206	14,918	13,176
F-0,7 (2ans)	15,408	4,579						
F-0,7 (3ans)	15,408	4,799						

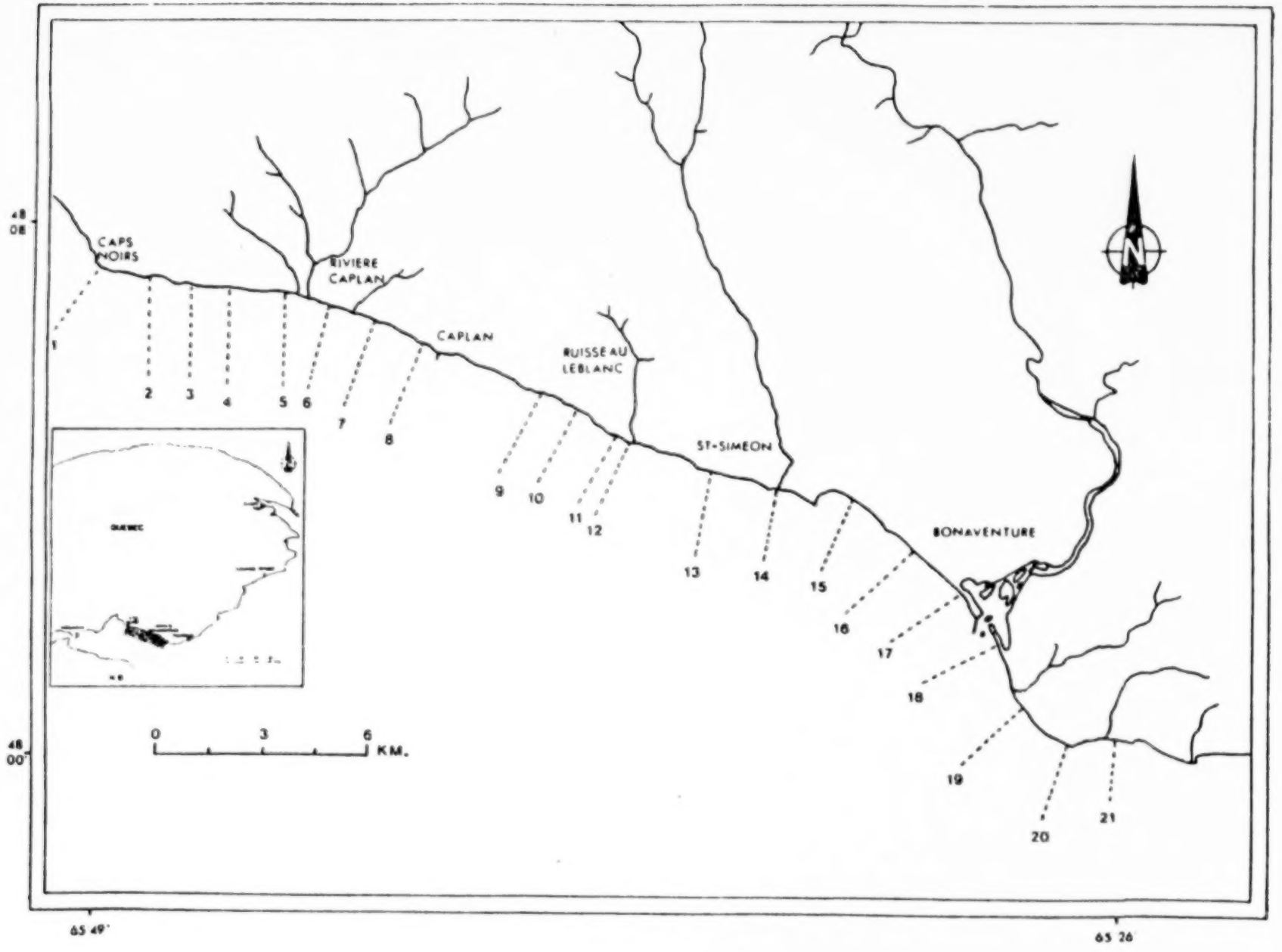

Figure 1 : Carte du secteur de la Baie des Chaleurs, s'étendant entre les Caps Noirs et la Pointe Bonaventure montrant l'emplacement des radiales. (tiré de Gendron, 1983)

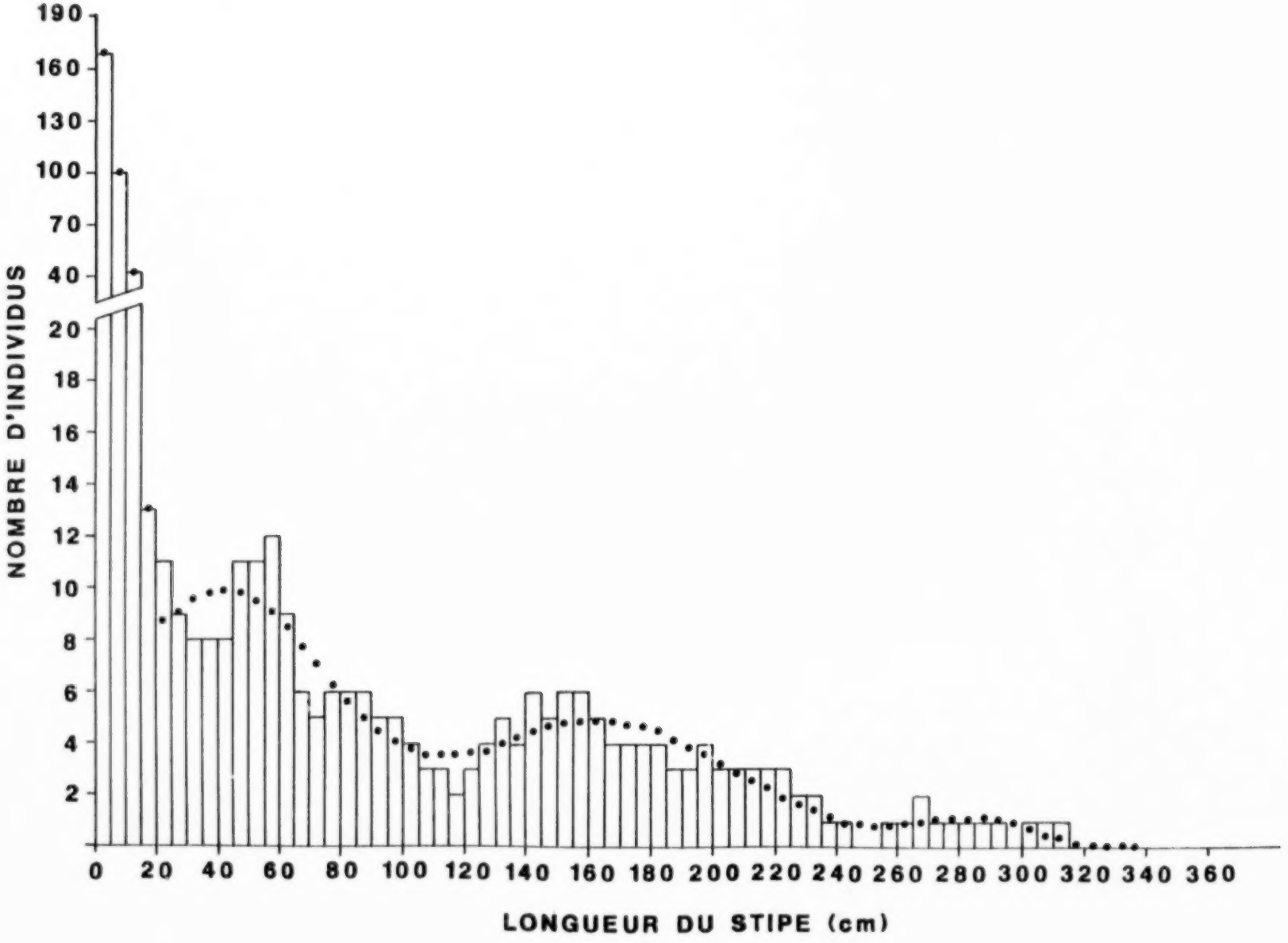

Figure 2 : Distribution de fréquence des longueurs du stipe. Histogramme des valeurs observées; •: valeur calculée selon le modèle de MacDonald et Pitcher (1979).

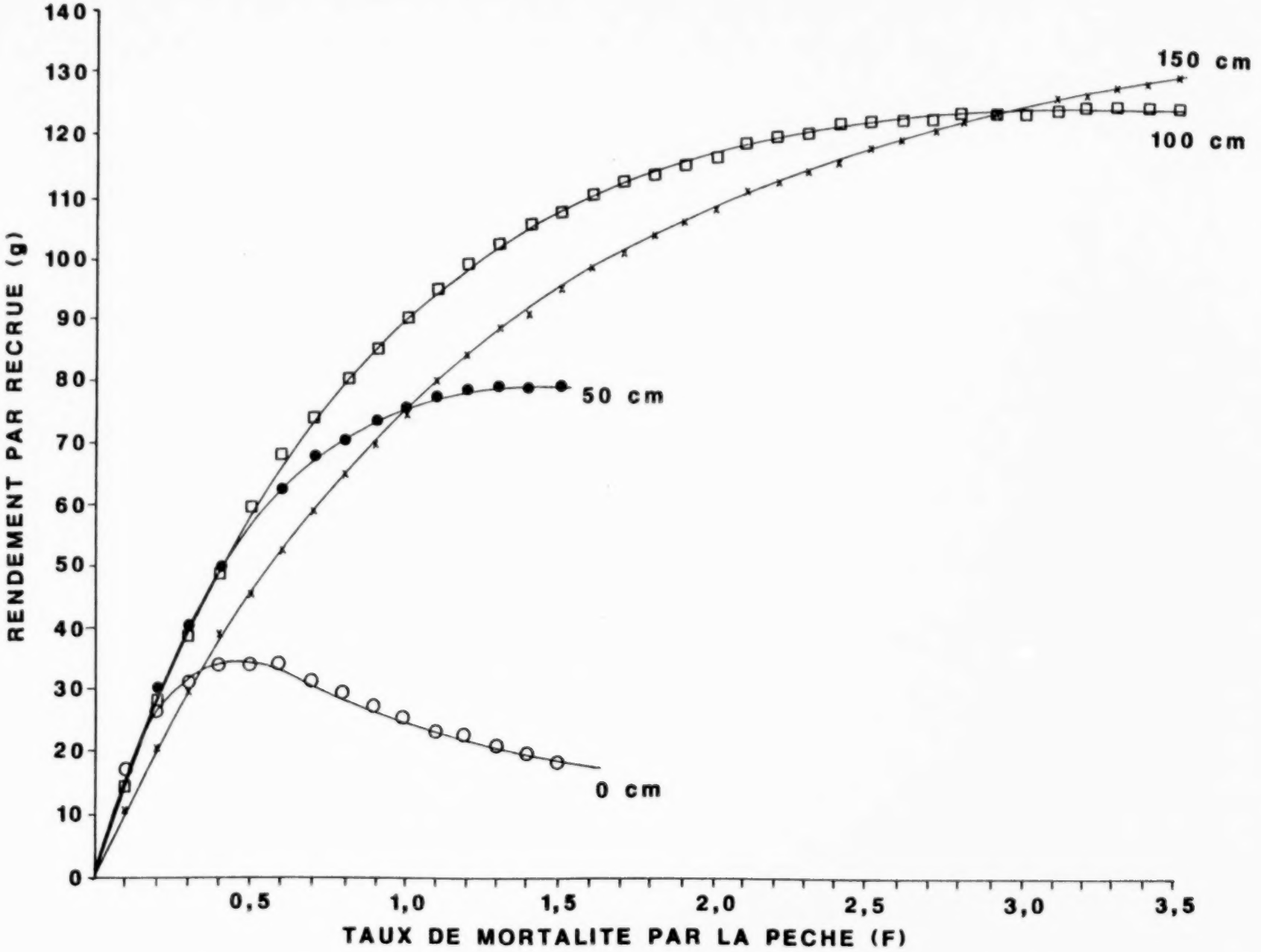

Figure 3 : Rendement par recrue en fonction du taux de mortalité par la pêche, pour différentes hauteurs de coupe (○ : 0cm ; ● : 50cm ; □ : 100cm ; ⁎ : 150cm).